

Perencanaan *Wireless Metropolitan Area Network* (WMAN) Dengan Menggunakan *Worldwide Interoperability For Microwave Access* (WiMAX)

Endah Budi Purnomowati

Abstract - WLAN adalah sebuah jaringan berbasis *wireless* yang dapat digunakan untuk transmisi data. Namun *coverage area* yang luas dan *data rate* yang tinggi menjadi kendala utama dalam pemberian layanannya. Untuk mengatasi kendala tersebut, dibutuhkan suatu perencanaan jaringan yang lebih baik untuk mendapatkan *coverage area* yang luas serta mempunyai *data rate* yang tinggi. Agar didapatkan jaringan WMAN yang baik, maka dibutuhkan suatu *backbone* jaringan yang handal. Teknologi WiMAX hadir untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Dalam perencanaan ini digunakan kota Malang sebagai obyek perencanaan. Data yang digunakan dalam perencanaan ini meliputi data kependudukan kota Malang, trafik internet dan tabel Erlang. Data tersebut akan digunakan untuk mengetahui perkiraan jumlah pelanggan WiMAX dan kapasitas sistem yang dibutuhkan.

Langkah awal yang dilakukan dalam perencanaan adalah menentukan perkiraan jumlah pelanggan yang akan menggunakan layanan WiMAX berdasarkan data kependudukan. Jumlah pelanggan tersebut digunakan untuk menentukan kebutuhan kapasitas kanal yang akan berfungsi untuk mengetahui radius sel yang dapat dilayani oleh sebuah *base station* (BS). Jenis antena dan kabel yang digunakan diperhitungkan berdasarkan kebutuhan kapasitas kanal dan kondisi geografi daerah perencanaan. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan diperoleh jumlah pelanggan WiMAX adalah 7231 pelanggan dengan kebutuhan kanal mencapai 495 kanal. Radius sel yang terbentuk dari perencanaan ini adalah 2.65 km dengan luas sel mencapai $18,25 \text{ km}^2$, sehingga jumlah sel yang dibutuhkan adalah 6 (enam) buah. Untuk melayani kapasitas pelanggan yang cukup besar, maka kabel yang paling tepat digunakan adalah *fiber optic single mode*, sedangkan antena yang tepat digunakan adalah antena *omnidirectional*.

Kata Kunci : *Internet, Coverage Area, Data Rate, WiMAX*

I. PENDAHULUAN

Komunikasi *wireless* telah menjadi salah satu kebutuhan masyarakat. Kebutuhan tersebut diperlukan untuk pengiriman data yang berupa text, gambar, *voice* maupun video. Wi-Fi/WLAN adalah teknologi *wireless* yang umum digunakan. Namun WLAN masih

mempunyai kelemahan yaitu *coverage area* yang sempit dengan *data rate* rendah.

MAN adalah sebuah jaringan yang merupakan pengembangan dari LAN yang mampu melayani area hingga 50 km. Untuk

membentuk sebuah jaringan MAN yang baik, dibutuhkan *backbone* jaringan yang mempunyai kemampuan *transfer rate* yang tinggi dengan *coverage area* yang luas.

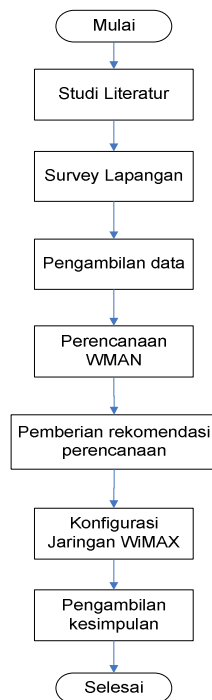
WiMAX adalah teknologi dengan standar IEEE 802.16 yang memungkinkan pengiriman data untuk layanan *broadband wireless access* (BWA). Standar IEEE 802.16d adalah standar yang digunakan untuk *fixed* WiMAX yang bekerja pada frekuensi 2GHz - 11GHz dengan *transfer rate* hingga 75 Mbps. Jarak yang dapat dijangkau oleh standar ini mencapai 8 km dengan kondisi kanal *non-Line of Sight* (NLOS) dan dapat menggunakan modulasi BPSK, QPSK, 16-QAM atau 64-QAM. WiMAX merupakan upaya untuk menjawab kebutuhan terhadap *transfer rate* yang tinggi dengan *coverage area* yang luas, serta kemampuan untuk melayani berbagai macam transmisi.

Pada penelitian ini penulis merumuskan pokok permasalahan tentang bagaimana perencanaan WMAN dengan menggunakan WiMAX di kota Malang dan tentang konfigurasi jaringan WMAN dengan menggunakan WiMAX di kota Malang.

II. METODOLOGI

Langkah – langkah yang dilakukan dalam perencanaan ini adalah seperti *flow chart* pada gambar 1.

T. C. Author is with the Electrical Engineering Departement of Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia (corresponding author provide phone 0341-665144; email coauthor@brawijaya.ac.id)



Gambar 1 Flow chart perencanaan WMAN dengan menggunakan WiMAX

Studi literatur dilakukan untuk memperoleh pemahaman mengenai bahasan yang digunakan untuk menunjang penelitian ini. Teori yang dipelajari adalah teori yang berhubungan dengan WMAN, WiMAX dan konsep perencanaan WMAN dengan menggunakan WiMAX.

Perencanaan WMAN dengan menggunakan WiMAX akan melalui beberapa tahapan untuk mendapatkan jaringan yang baik. Tahapan tersebut adalah perhitungan jumlah pelanggan, kapasitas kanal, penentuan *bandwidth* dan *bitrate*, perhitungan radius sel, jumlah sel, media transmisi, antenna dan perhitungan *pathloss*, level daya dan terima.

Hasil akhir dari perencanaan ini adalah pemberian rekomendasi perencanaan WMAN dengan menggunakan WiMAX di kota Malang dan didapatkan konfigurasi yang terbentuk dari hasil perencanaan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang meliputi data kependudukan kota Malang, trafik internet operator dan tabel Erlang B. Konfigurasi yang terbentuk dari perencanaan ini adalah beberapa perangkat SS akan terhubung ke BS yang selanjutnya akan dihubungkan ke jaringan internet. Aplikasi yang digunakan dalam perencanaan ini adalah WiMAX untuk aplikasi internet, dimana setiap SS yang *fixed* akan terhubung dengan perangkat BS sebagai perangkat *transceiver*.

TABEL 1 STANDAR WiMAX

Parameter	802.16d	802.16e
Frequency band	2 GHz – 11 GHz	Fixed : 2 GHz – 11 GHz Mobile : 2 GHz – 6 GHz
Application	Fixed NLOS	Fixed and Mobile NLOS
MAC architecture	Point to multipoint, mesh	Point to multipoint, mesh
Transmission Modulation	Single carrier, OFDM QPSK, 16 QAM, 64 QAM	Single carrier, OFDM QPSK, 16 QAM, 64 QAM
Gross data rate	1 Mbps – 75 Mbps	1 Mbps – 75 Mbps
Duplexing	TDD and FDD	TDD and FDD
Multiplex	TDMA, OFDMA	TDMA, OFDMA
Channel Bandwidth	1,75 MHz, 3,5 MHz, 7 MHz, 14 MHz, 1,25 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz, 8,75 MHz	1,75 MHz, 3,5 MHz, 7 MHz, 14 MHz, 1,25 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz, 8,75 MHz

Sumber : Jeffrey G Andrews, 2007 : 36

Peramalan Jumlah Pelanggan

Dalam peramalan jumlah pelanggan akan dilakukan dua tahap, yaitu :

1. Peramalan Jumlah Penduduk dan Usia Produktif (UP)
2. Peramalan jumlah penduduk ini akan menggunakan tiga buah metode, yaitu metode *trend linier*, *trend kuadratik* dan *trend eksponensial*. Dalam penentuan penggunaan metode, akan dilakukan perhitungan jumlah penduduk tahun 2008 berdasarkan data penduduk tahun 2004-2006. Dengan diketahuinya metode yang digunakan untuk peramalan jumlah penduduk di tiap kecamatan, maka dapat diketahui jumlah penduduk kota Malang pada tahun 2013. Kecamatan Lowokwaru dan Klojen akan menggunakan metode *trend eksponensial*. Sedangkan kecamatan kedungkandang, Blimbing dan Sukun akan menggunakan metode *trend linier*. Penduduk usia produktif diasumsikan sebagai penduduk yang menggunakan layanan.

TABEL 2 KLASIFIKASI DAERAH

Kategori	Keterangan
Urban	Daerah bisnis dan perkantoran dengan banyak gedung pencakar langit Kepadatan penduduk lebih dari 19.200/ Km^2 . Umumnya berupa kota besar.
Suburban	Jenis bangunan terdiri dari, rumah (1 – 2 tingkat), kantor dan pertokoan (2 – 5 tingkat). Kepadatan penduduk dari 1.280 – 19.200 / km^2
Rural	Lahan pertanian terbuka, daerah terbukanya sangat luas, dan jarang area perumahan. Kepadatan penduduk kurang dari 1.280 / km^2

Sumber : Kwang-Cheng Chen and J. Roberto B. de Marca, 2008 : 152

TABEL 3 JUMLAH PENDUDUK DAN USIA PRODUKTIF

Kecamatan	Jumlah Penduduk	Penduduk UP
Lowokwaru	170020	119014
Kedung Kandang	198347	138843
Blimbing	189864	132905
Klojen	107177	75023
Sukun	199589	139712
Jumlah	864997	605497

Faktor Penetrasi dan Pelanggan WiMAX

Dalam penentuan jumlah pelanggan harus diperhatikan faktor penetrasi daerah perencanaan. Jumlah pelanggan didapatkan berdasarkan perhitungan jumlah penduduk usia produktif dan faktor penetrasi daerah perencanaan. Jumlah bangunan di kota Malang adalah 181995 bangunan dengan jumlah saluran terpasang adalah 9 buah.

TABEL 4 JUMLAH PELANGGAN WiMAX

Kecamatan	UP pada operator	Faktor Penetrasi	Pelanggan WiMAX
Lowokwaru	7117	0,201	1430
Kedung kandang	8303	0,194	1611
Blimbing	7948	0,196	1557
Klojen	4503	0,171	770
Sukun	8355	0,223	1863
Jumlah	36226		7231

Kapasitas Kanal

Kapasitas kanal adalah jumlah kanal maksimum yang dapat terlayani oleh sebuah BS. Dalam mencari kapasitas kanal juga akan dilakukan penghitungan trafik total. Tabel Erlang B akan digunakan pada perhitungan kapasitas kanal ini. Trafik total dinyatakan dengan persamaan :

$$A_{\text{total}} = A_{\text{user}} \times \sum \text{pelanggan} \quad (1)$$

Keterangan :

A_{total} = trafik total yang dibutuhkan

A_{user} = trafik tiap pelanggan (60 mErlang)

Perencanaan ini diperlukan untuk melakukan koneksi internet dengan trafik tiap pelanggan sebesar 60 mErlang (trafik pelanggan Telkom Speedy). Sedangkan jumlah kanal yang dibutuhkan disesuaikan dengan Tabel Erlang B dengan GOS sebesar 2%.

TABEL 5 KEBUTUHAN TRAFIK DAN KANAL

Kecamatan	Trafik Total (Erlang)	Kebutuhan Kanal
Lowokwaru	85,8	98
Kedung kandang	96,6	109
Blimbing	93,4	106
Klojen	46,2	58
Sukun	111,7	124
Jumlah	433,7	495

Bandwidth

Bandwidth adalah lebar kanal dari suatu sistem telekomunikasi. Dalam menentukan *bandwidth* total yang dibutuhkan akan digunakan persamaan :

$$B_{\text{w total}} = B_{\text{w kanal}} \times \text{jumlah kanal} \quad (2)$$

Menurut aturan Dirjen Pos dan Telekomunikasi tahun 2007 mengenai standarisasi layanan BWA, menyatakan bahwa :

1. Terdapat dua jenis profil karakteristik yang didefinisikan berdasarkan lebar kanal. Yaitu profil karakteristik untuk lebar kanal 3,75 MHz dan profil karakteristik untuk lebar kanal 7,5 MHz.
2. Lebar kanal 3,75 MHz terdiri atas 3,5 MHz yang digunakan untuk transmisi data dan 250 KHz *guard band*.
3. Lebar Kanal 7,5 MHz terdiri atas 7 MHz yang digunakan untuk transmisi data dan 500 KHz *guard band*.

Dengan mempertimbangkan efisiensi *bandwidth* di kota Malang dan biaya untuk perencanaan ini, maka *bandwidth* yang lebih baik digunakan adalah 3,5 MHz dengan total kebutuhan *bandwidth* sebesar 1856,25 MHz. Frekuensi yang digunakan untuk *fixed* WiMAX menurut standar IEEE adalah 3,5 GHz atau 5,8 GHz. Sedangkan di Indonesia, frekuensi yang digunakan untuk BWA adalah 2,3 GHz dan 3,5 GHz. Sehingga dapat disimpulkan frekuensi yang digunakan dalam perencanaan ini adalah 3,5 GHz.

Tabel 6 Kebutuhan *Bandwidth* WiMAX

Kecamatan	<i>Bandwidth</i> Total (MHz)	
	Kanal 3,75 MHz	Kanal 7,5 MHz
Lowokwaru	367,5	735
Kedung kandang	408,75	817,5
Blimbing	397,5	795
Klojen	217,5	435
Sukun	465	930
Jumlah	1856,25	3712,5

Bit Rate

Bit rate adalah kecepatan pengiriman informasi melalui media transmisi yang dinyatakan dengan persamaan :

$$R = B_{\text{w kanal}} \times 2^{\log n} \quad (3)$$

Keterangan :

R = Bit Rate (bps)

B_w = *Bandwidth* kanal yang digunakan (Hz)

n = Banyaknya simbol

Nilai suatu *bit rate* akan berbeda – beda sesuai dengan jenis modulasi yang digunakan. Dalam standar IEEE 802.16 modulasi yang diperbolehkan adalah modulasi BPSK, QPSK, 16 QAM dan 64 QAM.

Bit rate adalah kecepatan pengiriman informasi melalui media transmisi. Dengan *bandwidth* 3,75 MHz, dan dengan tipe modulasi yang berbeda, maka akan didapatkan nilai *bit rate* yang berbeda – beda.

Sesuai perhitungan, dapat diketahui bahwa modulasi 64 QAM mempunyai *bit rate* yang paling besar. Sehingga modulasi yang digunakan dalam perencanaan ini adalah modulasi 64 QAM dengan *bit rate* 22,5 Mbps.

Tabel 7 Bit Rate tiap Modulasi

Modulasi	Bit Rate (Mbps)
BPSK	3,75
QPSK	7,5
16 QAM	15
64 QAM	22,5

Radius Sel

Dalam penentuan radius sel harus diperhatikan jumlah pelanggan dan kebutuhan trafik pelanggan. Radius sel sangat diperlukan karena dengan mengetahui radius sel, maka dapat diketahui jumlah BS yang diperlukan untuk dapat melayani pelanggan. Kapasitas pelanggan tiap BS adalah :

$$\text{Kapasitas pelanggan BS} = \frac{A_{\text{total}}}{A_{\text{user}}} = 1466$$

Besar kerapatan pelanggan adalah :

$$\Omega = \frac{\text{jumlah pelanggan}}{\text{Luas area}} = 65,43 \text{ pelanggan./km}^2$$

Maka radius sel yang terbentuk adalah :

$$R = \sqrt{\frac{1466}{\pi \times 65,43}} = 2,65 \text{ km}$$

Luas Sel

Perhitungan luas sel bertujuan untuk mengetahui jumlah sel yang dibutuhkan untuk menyediakan layanan WiMAX di kota Malang. Dengan radius sel 2,65 km dan bentuk sel *hexagonal*, maka luas sel yang terbentuk adalah :

$$\text{Luas sel} = \frac{3}{2} \sqrt{3} R^2 = 18,25 \text{ km}^2$$

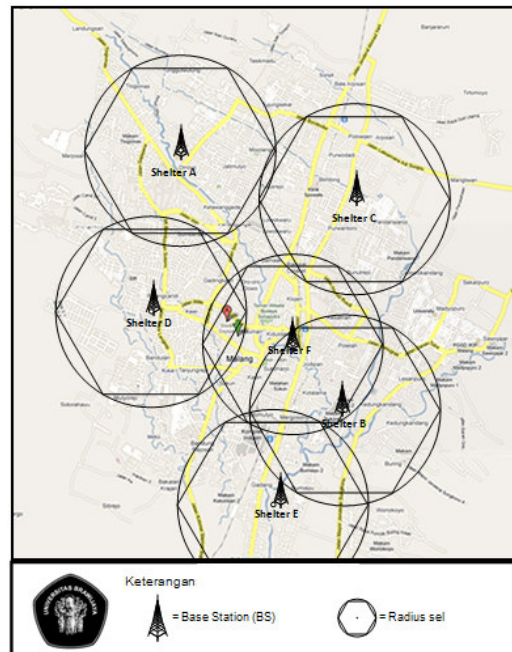
Jumlah Sel

Dalam perencanaan ini, luas sel yang terbentuk adalah 18,25 km^2 dengan luas wilayah kota Malang 110,055 km^2 , maka jumlah sel yang dibutuhkan adalah :

$$\text{jumlah sel} = \frac{110,055 \text{ km}^2}{18,25 \text{ km}^2} = 6,03 \text{ sel}$$

Penentuan Lokasi BS

Penempatan BS di kota Malang dilakukan pada BTS *existing* operator. Penempatan BS didasarkan pada penggunaan trafik GPRS pada BTS. Tempat yang digunakan untuk penempatan BS adalah BTS yang mempunyai trafik penggunaan GPRS tertinggi. Berdasarkan data dari operator, trafik GPRS tertinggi di kota Malang terdapat pada BTS Dinoyo, Kebalen wetan, Purwantoro, Dieng, Gadang dan Klojen.



Gambar 2 Lokasi BS WiMAX

Kabel Transmisi

Kabel transmisi yang digunakan pada bidang telekomunikasi adalah *twisted pair*, koaksial dan *fiber optic*. Pada perencanaan ini telah didapatkan radius sel sebesar 2,65 km, *bit rate* 22,5 Mbps dan kebutuhan *bandwidth* mencapai 1856,25 MHz.

Dengan memperhatikan spesifikasi masing – masing kabel, maka untuk memenuhi kebutuhan perencanaan, media transmisi yang paling tepat untuk digunakan adalah *fiber optic single mode*.

Tabel 8 Perbandingan Karakteristik Kabel Transmisi

Parameter	Media Transmisi				
	Twisted Pair		Coaxial	Fiber Optic	
	UTP	STP		Multi mode	Single mode
Frekuensi	100 MHz	600 MHz	900 MHz	100 THz	100 THz
Data rate	16 Mbps	16 Mbps	100 Mbps	2 Gbps	8 Gbps
Impedansi (Ω)	150	100	50	-	-
Attenuasi	-	-	-	6 dB	6,2 dB
Jarak (m)	100	100	500	2000	10000

Sumber : Behrouz A. Forouzan, 2001 : 188

Path Loss

Path loss adalah redaman yang terjadi selama sinyal melalui media transmisi. *Path loss* dinyatakan dengan persamaan :

$$PL \text{ (dB)} = 46,3 + 33,9 \log(f) - 13,02 \log(h_b) + (44,9 - 6,55 \log(h_b)) \log(d) - a(h_m) + C_F \quad (4)$$

$a(h_m)$ adalah faktor koreksi antenna SS yang dinyatakan dengan :

$$a(h_m) = (1,11 \log(f) - 0,7) h_m - (1,56 \log(f) - 0,0) \quad (5)$$

Keterangan :

f = Frekuensi kerja (MHz)
 d = Jarak BS dengan SS (km)
 hb = Tinggi antenna BS (m)
 hm = Tinggi antenna SS (m)

Gelombang radio yang dipancarkan oleh BS akan merambat melalui banyak halangan sehingga terjadi rugi – rugi yang disebabkan oleh redaman. Rugi lintasan tergantung pada jarak antara pemancar dan penerima, frekuensi kerja, dan karakteristik lingkungan antara pemancar dan penerima. Tinggi antenna SS ditentukan sebesar 7 meter dan tinggi pemancar adalah 40 meter. Dengan nilai $a(h_m)$ adalah :

$$a(h_m) = (1,11 \log(f) - 0,7)h_m - (1,56 \log(f) - 0,8)$$

$$a(h_m) = 17,9$$

Maka nilai path loss yang terjadi adalah :

$$PL = 140,96 \text{ dB}$$

Level Daya

Level daya adalah besarnya daya yang diterima atau dipancarkan oleh *transmitter* atau *receiver* . Besar level daya dinyatakan dengan persamaan :

$$P_r = P_t + G_t - G_r - PL - C_r - C_t \quad (6)$$

Keterangan :

P_t = Level daya pancar (dBm)

P_r = Level daya terima (dBm)

G_t = Gain antenna BS (dBi)

G_r = Gain antenna SS (dBi)

PL = Path loss (dB)

C_t = Redaman kabel sisi BS (dB)

C_r = Redaman kabel sisi SS (dB)

Level daya terima dipengaruhi oleh *path loss*, *gain* BS dan SS serta redaman kabel. *Gain* BS adalah 17 dB, nilai ini disesuaikan dengan *gain* BTS. Redaman kabel pada sisi SS adalah 0 dB, sedangkan redaman kabel pada BS adalah sebesar 6,2 dB. Daya output BTS yang digunakan adalah 27 dBm. Maka besar daya terima adalah :

$$P_r = P_t + G_t - G_r - PL - C_r - C_t$$

$$P_r = -93,46 \text{ dBm}$$

Jadi sinyal yang diterima SS masih baik, karena untuk layanan BWA level daya terima minimum yang diperbolehkan adalah -100 dBm.

Level daya pancar adalah besar daya yang dipancarkan oleh sebuah BS dalam mentransmisikan data yang selanjutnya akan diterima oleh SS. Nilai level daya pancar adalah :

$$P_t = P_r - G_t + G_r + PL + C_r + C_t$$

$$P_t = 27 \text{ dBm}$$

Jadi level daya pancar pada BS adalah sebesar 27 dBm. Nilai tersebut masih dalam batas daya output yang diijinkan yaitu sebesar 30 dB.

Antena BS

Faktor yang diperhatikan untuk menentukan jenis antenna BS yang digunakan untuk pelayanan adalah keadaan geografi dan lingkungan kota Malang. Kota

Malang adalah kota yang termasuk dalam kategori daerah *suburban*, dengan banyak rumah bertingkat dua dan cukup banyak pepohonan. Antena yang digunakan adalah antenna yang mampu bekerja pada frekuensi 3,5 GHz dengan daya pancar 27 dBm dan mampu melayani area hingga 2,65 km.

Dengan kategori daerah *suburban*, maka kedua jenis antenna dapat digunakan di kota Malang. Namun dengan memperhatikan efisiensi perencanaan dan biaya, maka jenis antenna yang tepat digunakan di kota Malang adalah antenna *omnidirectional*. Hal ini dikarenakan sesuai dengan kondisi lingkungannya, kota Malang mempunyai sedikit penghalang sinyal, sehingga penyebaran sinyal relatif cukup baik.

Rekomendasi Perencanaan

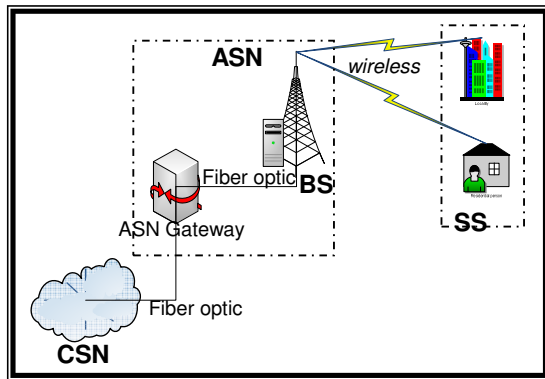
Setelah dilakukan perhitungan, maka didapatkan rekomendasi perencanaan WMAN dengan menggunakan WiMAX di kota Malang. Pemberian rekomendasi perencanaan bertujuan untuk memberikan alternatif dalam perencanaan WMAN dengan WiMAX di kota Malang.

Tabel 9 Rekomendasi perencanaan WiMAX

Parameter	Nilai
Pelanggan WiMAX	7231 Pelanggan
Kebutuhan trafik	433,7 Erlang
Kebutuhan kanal	495 kanal
Bandwidth	3,75 MHz (3,5 MHz untuk transmisi dan 250 KHz sebagai <i>guard band</i>)
Frekuensi	3,5 GHz
Modulasi	16 QAM
Bit rate	22,5 Mbps
Radius BS	2,65 km
Jumlah BS	6 buah
Lokasi BS	Dinoyo, Kebalen wetan, Purwantoro, Dieng, Gadang dan Klojen
Kabel Antena	<i>fiber optic single mode Omnidirectional</i>
Level daya terima SS	-98,46 dBm
Level daya pancar BS	27 dBm

Konfigurasi Jaringan WiMAX

Berdasarkan perencanaan yang telah dilakukan, maka dapat diketahui konfigurasi jaringan yang terbentuk dari perencanaan tersebut. Bentuk konfigurasi jaringan yang didapatkan adalah SS terhubung dengan BS. Jumlah BS ada 6 buah yang tersebar di beberapa daerah. BS dengan ASN *gateway* dan ASN *gateway* dengan CSN akan dihubungkan dengan *fiber optic single mode*.



Gambar 3 Konfigurasi Jaringan WiMAX

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perencanaan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari perencanaan yang dilakukan, akan didapatkan beberapa parameter, yaitu :
 - a. Jumlah pelanggan WiMAX di kota Malang adalah 7231 pelanggan.
 - b. Trafik yang diperlukan untuk pelayanan adalah 433,7 Erlang dengan jumlah kanal 495 kanal.
 - c. *Bandwidth* yang digunakan adalah 3,75 MHz, sehingga total kebutuhan *bandwidth* adalah 1856,25 MHz. Sedangkan frekuensi yang digunakan untuk perencanaan WiMAX di kota Malang adalah 3,5 GHz.
 - d. Modulasi yang digunakan adalah modulasi 64 QAM, karena akan didapatkan nilai *bit rate* paling besar, yaitu 22,5 Mbps.
 - e. Radius sel yang terbentuk dari setiap BS WiMAX di kota Malang adalah 2,65 km. Sehingga luas sel yang terbentuk adalah $18,25 \text{ km}^2$.
 - f. Jumlah BS WiMAX yang diperlukan untuk pelayanan adalah 6 buah yang ditempatkan di Dinoyo, Kebalen wetan, Purwantoro, Dieng, Gadang dan Klojen.
 - g. Kabel yang digunakan untuk menghubungkan BS dengan ASN gateway dan ASN gateway dengan CSN adalah *fiber optic single mode*.
 - h. *Path loss* dengan jarak BS dan SS 2,65 km adalah sebesar 140,96 dB.
 - i. Level daya terima SS pada jarak 2,65 km adalah -98,46 dBm. Sedangkan daya pancar BS adalah 27 dBm.
 - j. Antena yang digunakan untuk pelayanan WiMAX di kota Malang adalah antena *omnidirectional*.
2. Konfigurasi jaringan yang terbentuk dari perencanaan ini adalah SS terhubung dengan BS dengan jumlah BS 6 buah. BS dengan ASN gateway dan ASN gateway dengan CSN akan dihubungkan dengan *fiber optic single mode*.

B. Saran

Saran yang dapat diberikan antara lain :

1. Analisa performansi sistem dari hasil perencanaan yang telah dilakukan, sehingga dapat dilakukan evaluasi dan pengembangan dari perencanaan WMAN dengan menggunakan WiMAX ini.
2. Perencanaan WiMAX dilakukan dengan menggunakan standar IEEE yang lain, sehingga dapat digunakan untuk aplikasi *mobile*.
3. Perencanaan dilakukan dengan memperhatikan beberapa faktor lain seperti faktor ekonomi, faktor sosial dan estetika penataan kota.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andrews, Jeffrey G., Anuraba, Ghosh. 2007. *Fundamental of Wimax : Understanding Broadband Wireless Networking*. United states : Pearson Education
- [2] Chen, Kwang cheng., Macra, J Roberto B. de. 2007. *Mobile WiMAX*. London : John Wiley & Sons
- [3] Forouzan, Behrouz. 2000. *Data Communication and Networking*. United states : McGraw-Hill
- [4] Morinaga, Norihiko., Hohno, Ryuji., Sampei, Sheiici. 2004. *Wireless Communications Technologies : New Multimedia Systems*. New York : Kluwer Academi Publishers
- [5] Nuaymi, Loutfi., 2007. *WIMAX-Technology for Broadband Wireless Access*. London : John Wiley & Sons
- [6] Pos dan Telekomunikasi, Dirjen. 2007. *Persyaratan Teknis Alat dan Perangkat Telekomunikasi : Base Station Broadband Wireless Access (BWA)*. Jakarta
- [7] Topman, M., LE Braten. 2005. *Coverage and Capacity Provided by Wireless Access Network*. United States : Information Society Technologies
- [8] Tse, David., Pramod Viswanath. 2005. *Fundamentals of Wireless Communication*. United States of America : Cambridge University Press.
- [9] Wibisono, Gunawan, &Hantoro, Gunadi D. 2006. *Teknologi Broadband Wireless Access (BWA) Kini dan Masa Depan*. Bandung:Informatika
- [10] Pelanggan Seluler di Indonesia : <http://www.tekno.kompas.com/read/xml>. (diakses tanggal 14 November 2009)